Aus dem metallographischen Laboratorium der prothetischen Abteilung
am zahnärztlichen Universitätsinstitut Basel.
Vorsteher: Prof. Dr. med. Max Spreng.

Strukturuntersuchungen an dentalen Goldgußlegierungen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

CLARA BREITENMOSER-BURRI
von Mosnang

Zürich 1938

Buchdruckerei Berichthaus

Von der medizinischen Fakultät Basel genehmigt

auf Antrag von Professor Dr. med. M. Spreng

Tag der Promotion: 12. Juli 1937

Zürich 1938 – Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde
Band 48, Nr. 7.

Aus dem metallographischen Laboratorium der prothetischen Abteilung
am zahnärztlichen Universitätsinstitut Basel.
Vorsteher: Prof. Dr. med. Max Spreng.

Strukturuntersuchungen an dentalen Goldgußlegierungen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

CLARA BREITENMOSER-BURRI
von Mosnang

Zürich 1938

Buchdruckerei Berichthaus

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Separatabdruck aus der «Schweizerischen Monatsschrift für Zahnheilkunde»
Band 48, 1938, Heft 7.

Aus dem metallographischen Laboratorium der prothetischen Abteilung
am zahnärztlichen Universitätsinstitut Basel.
Vorsteher: Prof. Dr. med. Max Spreng.

Strukturuntersuchungen an dentalen Goldgußlegierungen.

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde der
medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

Clara Breitenmoser-Burri, von Mosnang.

Die verschiedenartige Verwendung von Legierungen zu zahnärztlichen Zwecken bringt es mit sich, daß das Metall je nach den Aufgaben, die mit ihm erfüllt werden sollen, unterschiedliche Eigenschaften aufweisen muß und demnach auch in seiner Zusammensetzung verschieden ist.

In vorliegender Arbeit wurden einige Gußlegierungen daraufhin untersucht, inwieweit sie vom Guß weg homogene Struktur aufweisen oder ob sie noch einer besonderen Behandlung bedürfen, um in ihnen Homogenität hervorzubringen.

Die Kenntnisse darüber sind für den Zahnarzt von großer Wichtigkeit, denn für zahnärztliche Arbeiten kommen nur Legierungen in Betracht, deren Komponenten vollkommen ineinander löslich sind und infolgedessen die Fähigkeit auf-

weisen, *homogene Mischkristalle* zu bilden. Homogen ist die Metallstruktur, wenn ihre Kristalle in sich und untereinander gleiche Zusammensetzung haben, d. h. es dürfen weder im Einzelkristall, noch in der Gesamtheit der Kristalle Konzentrationsunterschiede vorliegen. Nur so besteht — günstige Wahl der Legierungskomponenten vorausgesetzt — eine Gewähr dafür, daß die verwendeten Legierungen mundbeständig sind und weder Verfärbungen erleiden noch zu lokalen Schädigungen oder sogar allgemeinen Störungen führen.

Mundbeständig sind die Legierungen, wenn sie sich bei ihrem dauernden Aufenthalt im Speichel nicht auflösen. Im Speichel kommt es nur allzu leicht infolge chemisch-physikalischer Vorgänge zu Auflösungserscheinungen an Legierungen, die in ihrer Zusammensetzung nicht richtig gewählt sind oder aber inhomogene Kristallstruktur aufweisen, d. h. Konzentrationsunterschiede im Einzelkristall oder in der Gesamtheit der Kristalle.

Ob die Struktur einer Legierung homogen oder inhomogen ist, kann an Metallschliffen im Mikroskop untersucht werden. Die Unterschiede sind augenfällig. Die homogene Struktur (Abbildungen 7, 8, 10, 12 und 15) ist im gesamten durch die Gleichartigkeit der Kristalle gekennzeichnet, nur ihr Aussehen und ihre Helligkeit sind verschieden. Die inhomogene Struktur (Abbildungen 6, 11 und 14) ist hingegen dadurch kenntlich, daß die Kristallbildung nur undeutlich oder überhaupt nicht zum Ausdruck kommt und ein regelloses, mehr oder weniger verworrenes Bild vorliegt. Diese sogenannte dendritische Struktur ist der Ausdruck der verschieden und unterschiedlich auftretenden Konzentrationen in den Kristallen der einzelnen Legierungskomponenten.

Inhomogene Strukturen ergeben sich beim Gießen von Legierungen. Inhomogenität läßt sich beseitigen, indem man die Gußstücke längere Zeit, d. h. 1 bis 3 Stunden auf einer Temperatur von 700 bis 800° C hält. Man bezeichnet dieses Vorgehen als *Homogenisieren*. Alle untersuchten Legierungen ließen sich auf diese Art homogenisieren. Einzig bei einer Goldlegierung mit Zusatz von Platinmetallen genügte zur

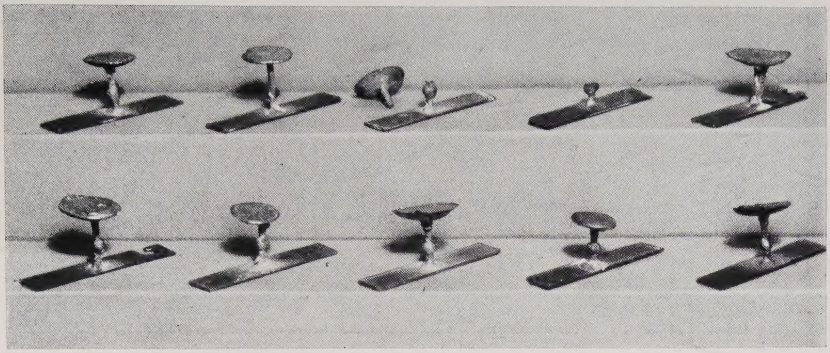

Abb. 1
Guß-Objekte Form 1.

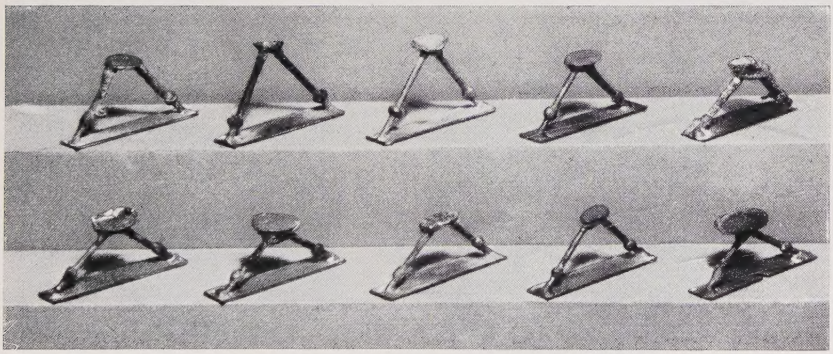

Abb. 2
Guß-Objekte Form 2.

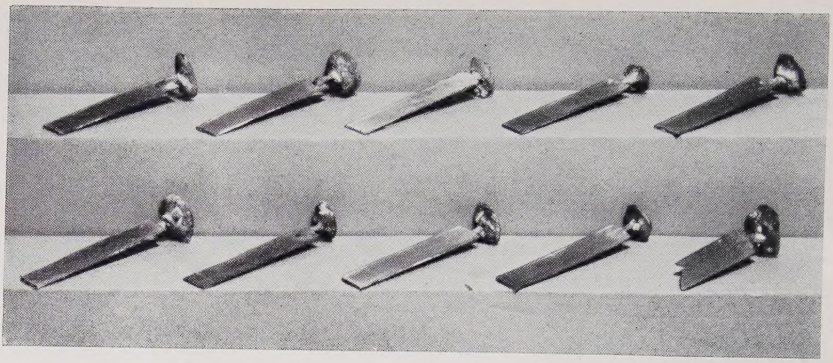

Abb. 3
Guß-Objekte Form 3.

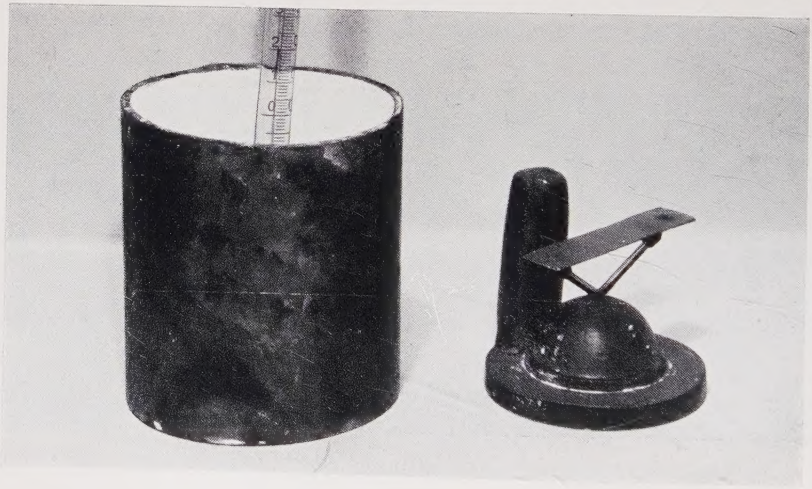

Abb. 4
Zylinder mit Thermometer. Wachsmodell.

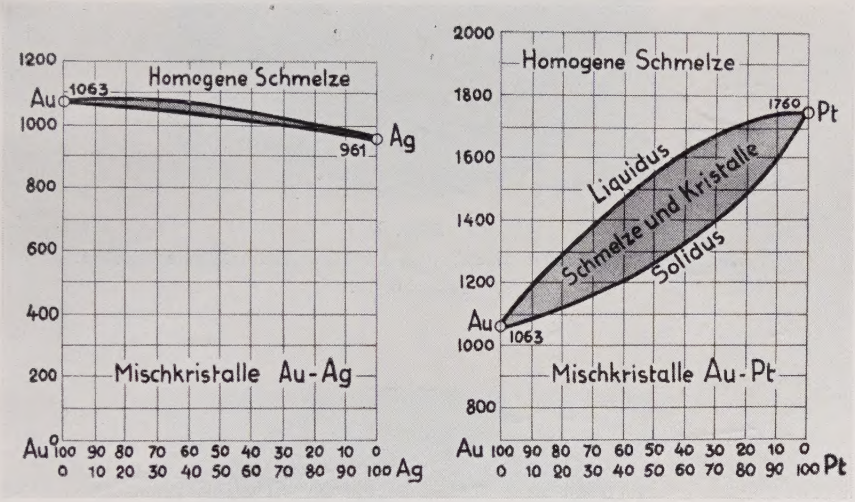

Abb. 5

Zustandsdiagramme.

Gold-Silber. Gold-Platin.

Abb. 6
75x, 18-karätiges Au direkt vom Guß bei 100° C abgeschreckt.
Inhomogen.

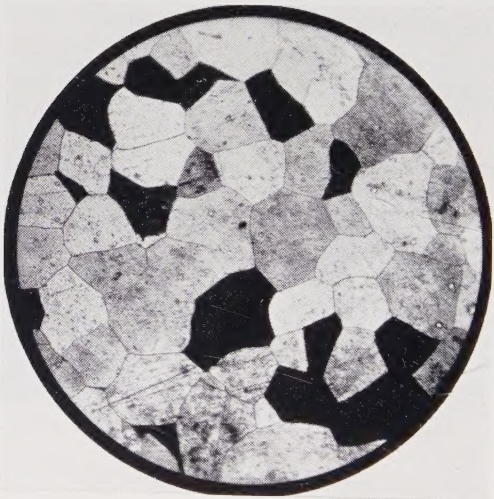

Abb. 7
75x, dasselbe Gußstück wie Abb. 6, aber 1½ Stunden
bei 800° C homogenisiert.

Abb. 8
75 x, 22-karätiges Au direkt vom Guß bei 489° C abgeschreckt.
Homogen.

Abb. 9
75 x, dasselbe Gußstück wie Abb. 8, aber 3 Stunden bei 800° C geglüht.
Sehr porös. Korngrenzenätzung.

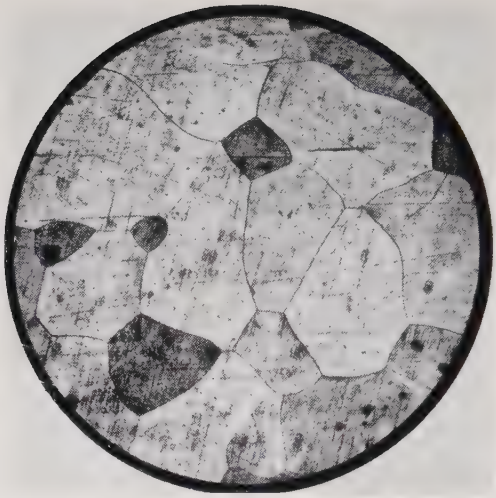

Abb. 10
75x, dasselbe Gußstück wie Abb. 8, aber 1½ Stunden bei 800° C geglüht. Vollkommen homogen.

Abb. 11
75x, 22-karätiges Au direkt vom Guß bis 50° C an der Luft und dann in Wasser gekühlt. Inhomogen.

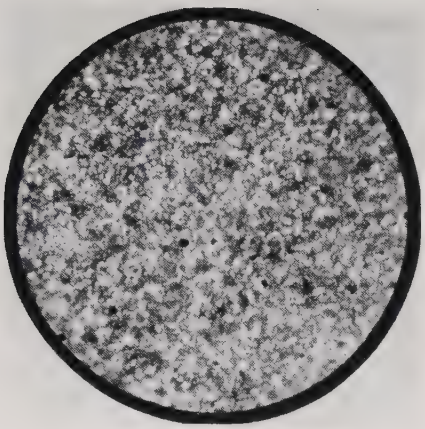

Abb. 12
75x, Orthallor direkt vom Guß. Homogen.

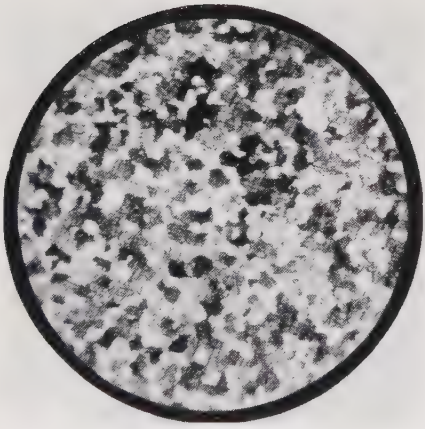

Abb. 13
75x, 18-karätiges Au mit 5% Pt direkt vom Guß mit 421° C abgeschreckt. Homogen.

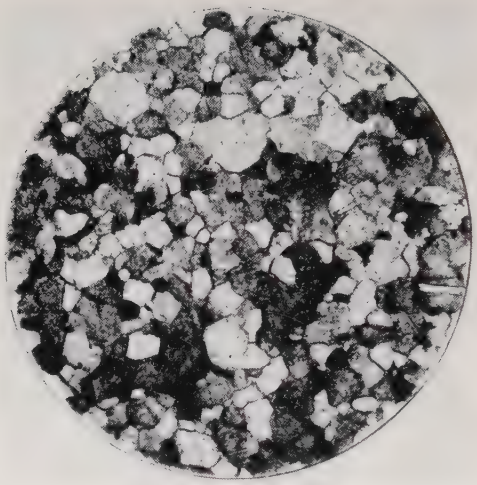

Abb. 14
135x, 18-karätiges Au mit Zusatz von Platinmetallen, direkt vom Gusse bei 500° C abgeschreckt. Nahezu homogen.

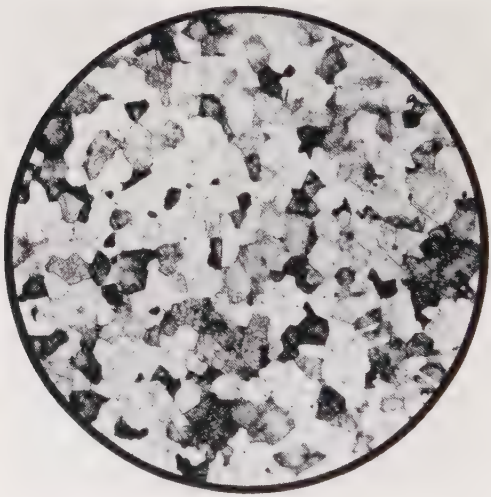

Abb. 15
135x, dasselbe Gußstück wie Abb. 14, aber in der Flamme geglüht und in Wasser abgeschreckt. Durch dieses einfache Glühen wird Homogenität erreicht.

Homogenisierung schon einfaches Glühen in der Flamme und Abschrecken.

Um vorliegende Untersuchungen durchführen zu können, wurden die Legierungen unter Berücksichtigung verschiedener Abkühlungszeiten gegossen und dann zu Schliffbildern verarbeitet.

Geprüft wurden folgende Metalle:

18karätiges Au,
18karätiges Au mit 5% Pt,
18karätiges Au mit 9% Pt,
22karätiges Au,
Orthallor.

Herstellung der Gußobjekte.

Sämtliche Gußstücke wurden in Form und Größe gleich gegossen, d. h. in Form einer Platte von 0,5 mm Dicke, 8 mm Breite und 40 mm Länge. Wie Abbildung 1, 2 und 3 zeigen, sind nur die Eingußstifte verschiedenartig angebracht, zum Teil mit «verlorenen Köpfen» versehen. Die Objekte wurden mit einer Zentrifugalschleuder gegossen. Um die Temperatur zu messen, bei welcher die Gußzylinder in kaltem Wasser völlig abgekühlt wurden, ließen wir in der Einbettmasse einen zirka 3 cm langen und zirka 1 cm breiten Raum frei, in welchem ein Thermometer möglichst nahe dem Gußobjekt zu liegen kam (Abb. 4). Die Abkühlungstemperaturen sind bei den im einzelnen beschriebenen Versuchsobjekten angegeben.

Das Zustandsdiagramm.

In Abbildung 5 sind zwei Zustandsdiagramme der binären Legierungen Au-Ag und Au-Pt abgebildet, aus welchen man zunächst die große Unterschiedlichkeit der Erstarrungsintervalle bei verschiedenen binären Legierungen ersieht. Au-Ag hat relativ kleine, Au-Pt relativ große Erstarrungsintervalle. Die Deutung der Diagramme ist folgende: Oberhalb der Liquiduskurve haben wir homogene Schmelze, unterhalb der Soliduskurve Gold-Silber-, resp. Gold-Platin-Mischkristalle. Die Liquiduskurve zeigt den Beginn der Er-

starrung, die Soliduskurve das Ende der Erstarrung an. Innerhalb des von der Solidus- und Liquiduskurve eingefaßten Gebietes findet die eigentliche Kristallisation statt, indem sich spontane Kristallisationszentren bilden, die durch fortschreitendes Anlagern verschieden konzentrierter Schichten zu Kristallen auswachsen. Sollen wir in dem Felde unterhalb der Soliduskurve homogene Mischkristalle vorfinden, so muß während des Kristallisations- und Abkühlungsvorganges durch Diffusion ein Konzentrationsausgleich zwischen den einzelnen Kristallschichten stattfinden können. Findet ein solcher Konzentrationsausgleich durch Diffusion nicht statt, so bilden sich heterogene Mischkristalle, die für zahnärztliche Zwecke nicht brauchbar sind und deshalb homogenisiert werden müssen. Homogenisieren heißt also, bei einer bestimmten höheren Temperatur durch Diffusion einen Ausgleich der verschiedenen Konzentrationen erreichen, so daß jeder Kristall und alle Kristalle gleiche Konzentration aufweisen.

Wie aus dem Diagramm ersichtlich, ist das Schmelzintervall zwischen Liquidus- und Soliduskurve bei dem System Au-Ag gering, es kann also beim Erstarren zu keinen großen Unterschieden in der Zusammensetzung führen, d. h. die Homogenisierung ist schon in verhältnismäßig kurzer Zeit durchführbar.

Beim System Au-Pt dagegen besteht ein sehr großer Schmelzintervall bis zu zirka 300°, das eine große Verschiedenartigkeit in der Zusammensetzung bedingt, die selbst durch tagelanges Glühen nicht ausgeglichen werden kann. Es müssen also solche Legierungen für zahnärztliche Zwecke bevorzugt werden, die kein allzu großes Erstarrungsintervall aufweisen, da sonst die Homogenisierung unmöglich gemacht wird.

Herstellung der Metallschliffe.

Um die Kristalle sichtbar zu machen, wurden Metallschliffe in folgender Art und Weise hergestellt: Vom Gußobjekt wurde ein zirka 1 cm langes Stück abgesägt und auf ein Holzstück geklebt, dann auf Schmirgelpapier Nr. F bis

6/0 eine plane, feine Fläche geschliffen, bei dem gröbsten Papier Nr. F angefangen und bei dem feinsten Nr. 6/0 beendet. Die Schliffe wurden dabei sehr leicht auf dem Schmirgelpapier parallel hin und her bewegt mit sehr leichtem Druck, ohne daß sich das Metallstück dabei erwärmte. Bei jedem Wechsel der Schmirgelnummer wurde der Schliff um 90° gedreht. Hierauf erfolgte das Polieren auf einer mit Velours-Chiffon bespannten, schnell rotierenden Polierscheibe unter Anwendung von wenig Polierrot. Nach dem Entfetten in Alkohol kam der Schliff in eine Lösung von 10 Teilen HCl, und einem Teil HNO_3 (bei cirka 30° C), bis ein gutes Kristallgefüge entwickelt war. (Ätzdauer zirka ½ bis 2 Minuten.) Nun waren die Schliffe fertig zur mikroskopischen Prüfung auf dem Universalmikroskop M'F von *Reichert*, unter Anwendung von auffallendem Licht.

Deutung der hellen und dunklen Felder im mikroskopischen Bild.

Je nach der Lage der Achsen der Kristalle zur Schliffläche wirkt das Ätzmittel verschieden auf die Kristalle ein, da die Kristalle je nach der Achsenrichtung verschieden angegriffen werden. Lassen wir nun einen Lichtstrahl auf die angeätzte Fläche fallen, so wird er je nach der Lage des Kristalls mit mehr oder weniger Intensität zurückgeworfen. Am meisten Licht werfen also diejenigen Kristalle zurück, deren Oberfläche senkrecht zum einfallenden Lichtstrahl steht. Aus dieser Tatsache können wir uns die hellen und dunklen Kristalle im mikroskopischen Bild erklären.

Untersuchungsergebnisse.

Von dem Untersuchungsmaterial, das aus über 300 Schliffen bestand, sind in folgendem die Ergebnisse an Hand einiger typischer Schliffbilder wiedergegeben.

I. 18karätiges Au.

Auch die verschiedensten Abkühlungszeiten ergaben jeweils inhomogene Kristalle mit dendritischer Struktur.

Abb. 6 (Versuch Nr. 7) zeigt das Schliffbild von 18karätigem Gold, das erst bei 100° C in kaltes Wasser gelegt wurde. Das Bild zeigt deutlichste Inhomogenität.

Abb. 7 (Versuch Nr. 7e) zeigt das Schliffbild vom selben Gußstück, nachdem das Metall 1½ Stunden bei 800° C gehalten wurde. Die Kristalle haben ihre dendritische Struktur verloren, d. h. durch Diffusion wurden die Konzentrationsunterschiede aufgehoben und Homogenität erreicht.

II. 22karätiges Au.

Hier erzielten wir bei rascher Abkühlung ein homogenes Kristallgefüge. Der Gußzylinder wurde bei 489° C direkt von der Gußschleuder weg in kaltes Wasser gebracht. Bei einem anderen Gußstück hingegen, das wir langsam an der Luft bis auf 50° C abkühlen ließen, ergab sich ein sehr inhomogenes Gefüge.

Abb. 8 (Versuch Nr. 26) zeigt das Schliffbild von 22karätigem Au bei 489° C abgekühlt. Diese rasche Abkühlung ergab homogene Gußstruktur.

Abb. 9 (Versuch Nr. 26a) zeigt dasselbe Objekt, nachdem es drei Stunden bei 800° C erhitzt wurde. Dieses Bild zeigt eine klare Korngrenzenätzung.

Abb. 10 (Versuch Nr. 26e) zeigt ebenfalls dasselbe Gußstück, nachdem es 1½ Stunden bei 800° C geglüht wurde. Im Vergleich zu Abbildung 8 sind die Kristalle größer geworden.

Abb. 11 (Versuch Nr. 10) zeigt ein Schliffbild von 22karätigem Au, das sehr langsam abgekühlt wurde. Hier zeigt sich ausgeprägte inhomogene Struktur.

III. Orthallor.

Das Orthallor weist ein besonders kleines Kristallbild auf.

Abb. 12 (Versuch Nr. 2) zeigt das Kristallgefüge in derselben Vergrößerung wie die vorangehenden Bilder.

Vom Orthallor ist zu sagen, daß es bei allen Abkühlungszeiten homogen ausgefallen ist. Durch den Versuch der Homogenisierung konnte nur eine Vergrößerung der Kristalle herbeigeführt werden.

IV. 18karätiges Au mit 5% Pt.

Diese Goldlegierung wurde auch bei allen Abkühlungszeiten vom Guß weg homogen. Die Kristalle sind größer als beim Orthallor.

Abb. 13 (Versuch Nr. 19) zeigt das Schliffbild von 18karätigem Au mit 5% Pt, das direkt nach dem Schleudern, d. h. bei 421° C ins kalte Wasser gelegt wurde. Das Gefüge ist homogen.

V. 18karätiges Au mit Zusatz von Platinmetallen.

Die Gußobjekte dieser Goldart erwiesen sich als nahezu homogen, vom Guß weg. Bei dieser Legierung erfolgte die vollkommene Homogenisierung nicht auf dem sonst üblichen Wege, es genügte nämlich ein bloßes Glühen in der Flamme und Abschrecken im Wasser, um Homogenität zu erreichen.

Abb. 14 zeigt ein Schliffbild direkt vom Guß. Der Gußzylinder wurde bei 500° C ins Wasser gelegt (abgeschreckt). Es liegt nahezu Homogenität vor.

Während beim 18karätigen Au und beim 22karätigen Au durch bloßes Glühen und Abschrecken eine Homogenisierung nicht festgestellt werden konnte, gelang es durch einfaches Glühen in der Flamme und Abschrecken in Wasser, das mit Platinmetallen legierte 18karätige Au homogen zu machen.

Abb. 15 zeigt das durch einfaches Glühen in der Flamme und Abschrecken homogenisierte Gußobjekt.

Zusammenfassung.

Es wurden Gußversuche vorgenommen, um festzustellen, ob die gegossenen Metallteile vom Gusse weg homogene oder inhomogene Struktur aufweisen. Die Gußobjekte wurden zum Teil langsam, zum Teil rasch abgekühlt. Es wurde untersucht, in welcher Art das Gußgefüge durch das sogenannte Homogenisieren beeinflußt werden könnte. Das Ergebnis der Versuche war folgendes: 18karätiges Au mit 5% Platinzusatz und die platinhaltige Legierung Orthallor waren bei

allen Gußversuchen vom Gusse weg homogen. 18karätiges Au und 22karätiges Au zeigten bei allen Gußversuchen inhomogene Struktur, welche in eine homogene umgewandelt werden konnte, wenn man die Gußobjekte nachträglich 1 bis 3 Stunden bei einer Temperatur um 800° C hielt. Eine 18karätige Goldlegierung mit Zusatz von Platinmetallen ergab bei allen Gußversuchen eine nahezu homogene Struktur. Bei dieser Legierung wurde bereits durch einfaches, kurzes Glühen in der Flamme und Abschrecken vollkommene Homogenität erreicht. Nur diese Legierung konnte durch diesen einfachen Glühprozeß homogen gestaltet werden, nicht aber die andern Gußgefüge, wie sie sich bei 18- und 22karätigem Gold in ihrer Inhomogenität darstellen.

Es besteht also die Möglichkeit, Legierungen zusammenzusetzen, die sich durch einfaches Glühen homogenisieren lassen, eine Tatsache von hervorragender Bedeutung für die praktische zahnärztliche Verwendung.

Bei den Schliffbildern ist zur besseren Vergleichsmöglichkeit jedesmal die gleiche Vergrößerung gewählt worden, mit Ausnahme von Abbildung 14 und 15.

Bibliographie.

J. Czochralski: Moderne Metallkunde in Theorie und Praxis. Berlin 1924.

K. Falk: Über das «Angießen». Deutsche Zahnärztliche Wochenschrift 1933, Heft 6.

P. Goerens: Einführung in die Metallographie. 6. Auflage. Halle 1932.

E. Groß: Über die Auswahl von Goldlegierungen für bestimmte Arbeiten aus modernen Legierungslisten. Deutsche Zahnärztliche Wochenschrift 1933, Heft 31.

O. Kröhnke, E. Maaß, W. Beck: Die Korrosion. Leipzig 1929.

L. Nowack: Über Klammergoldlegierungen. Vierteljahrsschrift für Zahnheilkunde 1931, Heft 4.

— Das Gold und seine Verwendung in der Zahnheilkunde. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1932, Heft 10.

— *E. Groß:* Materialfragen der partiellen Prothese. Vierteljahrsschrift für Zahnheilkunde 1932, Heft 1.

K. Scheer: Die Fehlerquellen beim Metalleinlageverfahren unter besonderer Berücksichtigung des Gusses mit Randolfmetall und dessen Verhalten im Munde. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1923, Heft 6.

J. Spanner, L. Nowack: Die Verfärbung der Goldlegierung im Munde. «Die Zahnprothese» 1930, Heft 10.

M. Spreng: Der Kauabdruck (Kapitel 12). Wien 1932.

L. Sterner-Reiner: Edelmetallegierungen und Amalgame in der Zahnheilkunde. Berlin 1930.

G. Tammann: Lehrbuch der Metallkunde. Chemie und Physik der Metalle und ihrer Legierungen. 4. Auflage. Leipzig 1932.